Chemische Reaktionen an Bodendünnschliffen

Von Ulrich Babel, Reinbek bei Hamburg)*

DK 631.42:535.826.41

In der Bodenkunde wächst die Bedeutung mikromorphologischer Untersuchungen. Gewöhnlich werden dafür Dünnschliffe verwendet, die sich von der Bodenprobe nach Tränkung mit dem Kunstharz Vestopal H herstellen lassen (zur Methode siehe ALTEMÜLLER [1956]). In den Schliffen können die stofflichen Eigenschaften der mikroskopischen Bodengemengteile meist aus der Morphologie und dem optischen Verhalten ermittelt werden. Aber immer reichen diese Methoden nicht aus. Die vorliegende Arbeit zeigt, daß es dann möglich ist, auch chemische Reaktionen direkt am Schliff auszuführen.

Es wurden zwei Reaktionen untersucht. Die erste war der Eisen-Nachweis mit Berliner Blau, der sonst gewöhnlich im homogenen System der wässerigen Lösung durchgeführt wird. Die zweite war die oxydative Entfärbung gefärbter organischer Substanzen mit Natriumhypochlorit-Lösung, die in der botanischen Mikrotechnik als Eau de Javelle bekannt ist und dort zu ähnlichen Zwecken verwendet wird; daß sie sich vorteilhaft auch bei mikroskopischen Humusuntersuchungen verwenden läßt, wurde an Dünnschnitten und Streupräparaten schon erprobt (HANDLEY [1954], BABEL [im Druck]).

Diese beiden Reaktionen ermöglichen eine eindeutige Ansprache von einzelnen G e m e n g t e i l e n im Dünnschliff, die auf Grund der Farbe entweder humos oder auch eisenoxydhydratisch sein könnten und die sich auch in anderen Merkmalen indifferent verhalten (Fehlen von pflanzlichen oder kristallinen oder konkretionären Strukturen; weder Doppelbrechung, die weit häufiger bei Eisenkonkretionen als bei roten Humusstoffen auftritt, noch Fluoreszenz, welche fast immer Zellwandreste anzeigt). Außerdem helfen diese Reaktionen auch zu erkennen, ob und wie entweder Eisenoxydhydrate oder Humus in d i f f u s e r V e r t e i l u n g als Farbpigment der Bodenmatrix auftreten; das kann z. B. bei fleckigen Bodengefügen (Pseudogley) oder zur Unterscheidung von Eisen- oder Humusanreicherungen in Podsol-B-Horizonten von Interesse sein.

Methodisches:

Der Schliff wird präpariert wie gewöhnlich, jedoch nicht eingedeckt mit Vestopal. Er kann dann — wie bei Färbungen biologischer Schnittpräparate — auf dem Objektträger in die Reagenzien eingetaucht werden.

Zum Eisen-Nachweis wurde verwendet: 5 min 5%ige Lösung von gelbem Blutlaugensalz, $K_4[Fe(CN)_6]$, danach 1/2 min 1n Salzsäure. — Bei zu langer Einwirkung bewirkt die Blutlaugensalzlösung eine leichte Aufhellung des ganzen Schliffes. Die Blaufärbung tritt erst bei der Salzsäure-Behandlung auf.

*) aus der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Reinbek bei Hamburg, Abt. Bodenkunde (Leiter: Prof. Dr. W. Kubiena).

Abb. 1: Verschiedene braunrote Gemengteile im A-Horizont (3 cm Tiefe) eines Pseudogleys; im linken Teil ein Blattrest im Flächenschliff. (Dünnschliff, [um die 70x]; Objektiv Plan 10/0.25, Okular Periplan 12x).

Abb. 2: Wie Abb. 1. Eisennachweis als Berliner Blau.

Abb. 3: Wie Abb. 1. Nachweis braunroter Humusstoffe durch Entfärbung mit Natriumhypochlorit; nur die beiden Eisenkonkretionen bleiben gefärbt.

Abb. 4: Schräg getroffene Rinde eines Feinwurzelrestes im A-Horizont (5 cm Tiefe) eines Pseudogleys. (Dünnschliff, [um die 50x]; Objektiv Plan 10/0.25, Okular Periplan 8x.) — Die Berliner-Blau-Reaktion zeigt nicht nur Inkrustierung sondern auch Infiltration der Wurzel mit Eisen.

Zum Nachweis organischer Substanz wurde 1 : 4 verdünnte (das ist ca. 2,5%ige) Natriumhypochlorit-Lösung (NaOCl) verwendet; für gewöhnlich genügt eine 90 min lange Behandlung. Der Schliff hebt sich dabei meist vom Objektträger ab und wellt sich etwas; er kann aber leicht mit Glycerin o. ä. wieder aufgelegt werden. Die Natriumhypochlorit-Behandlung kann — wie bei Abb. 3 — nach der Berliner-Blau-Reaktion am gleichen Schliff ausgeführt werden.

Für die mikroskopischen Beobachtungen vor und nach den Reaktionen werden die Schliffe mit Glycerin eingedeckt. Farbfotografien der unbehandelten und dann der behandelten Schliffe helfen bei der detaillierten Auswertung der Ergebnisse. (Zur Fotografie wurden Planobjektive [Fa. Leitz] verwendet.)

Aus Beobachtungen der Reaktionen konnte geschlossen werden, daß — wie anzunehmen — die Reagenzien an sich nur 5 μ oder weniger weit in das Vestopal des ca. 25 μ dicken Schliffes eindringen. Wie Abb. 3 zeigt, wird aber durch Natriumhypochlorit die organische Substanz in der ganzen Tiefe des Schliffes entfärbt. Offenbar dringt das Reagens im wesentlichen von an der Schliffoberfläche anstehenden Teilen aus in den Schliff ein. — Die Berliner-Blau-Reaktion scheint mehr an die Schliffoberfläche gebunden zu sein; sie ist — wie auch in Abb. 2 und 4 zu sehen — teilweise nicht ganz so gut zu erkennen und nicht so scharf lokalisiert. Schon an sich findet sie — im Gegensatz zur NaOCl-Reaktion — nur an der Oberfläche der Eisenoxydhydrat-Teile statt; dadurch ist sie bei etwas größeren Teilen — wie dem auf Abb. 2 ungefähr in der Mitte gelegenen (Teil 5 in Abb. 5) — gegen den Rand zu besser zu erkennen. Außerdem kann eine geringe Verlagerung von kleinen Mengen gelöster Eisen(III)-Ionen während der Durchführung der Reaktion nicht ganz ausgeschlossen werden. Es ist deshalb richtig, zum Nachweis von Eisen(III)-Verbindungen im Schliff stets auch die Gegenprobe mit Natriumhypochlorit anzustellen.

Beispiele für die Anwendung

Die Abbildungen zeigen die Anwendung der Reaktionen auf den humosen Horizont von Pseudogleyen. (Die beiden Böden — Abb. 1—3 und Abb. 4 — sind im A-Horizont sehr ähnlich, beide aus Würm-Grundmoräne, nährstoffreich, unter Laubmischwald.)

Abb. 5: Erläuterungen zu den Abb. 1—3. — Gekreuzt schraffiert: Blattrest mit 1a: Schwammparenchym und 1b: Adern. — Horizontal schraffiert: andere braunrote Gemengteile, die auf Grund der chemischen Reaktionen angesprochen sind als: 2: organischer Gemengteil, 3 und 4: organische Gemengteile, mit Eisen verunreinigt, 5 und 6: Eisenkonkretionen. — Schräg schraffiert: Bodenmatrix (mineralische Feinsubstanz). — Nicht schraffiert: Hohlräume und Quarze.

Die Humusform von nährstoffreichen Pseudogleyen steht meist dem Mull sehr nahe, so auch bei den gezeigten Beispielen. Vom typischen Mull unterscheidet sie sich jedoch oft durch braunrote, mehr oder weniger homogene, organische Gemengteile, die in das mineralische Material eingemengt sind. Andererseits kommen in diesen Böden meist bis hinauf in den humosen Horizont Eisenflecken vor, so daß Verwechslungen mit den organischen Gemengteilen möglich sind.

Der linke Teil der Abbildungen 1—3 (1: unbehandelt; 2: nach Berliner-Blau-Reaktion; 3: nach Natriumhypochlorit) zeigt einen ursprünglich stark rotbraun gefärbten Blattrest im Flächenschnitt, in dem Adern und Schwammparenchym gut zu erkennen sind (s. Abb. 5, Teil 1). Im rechten Teil liegen verschiedene größere und kleinere rotbraune Gemengteile, die nicht sicher angesprochen werden konnten. — Abb. 2 zeigt, daß der große Blattrest durch die Behandlung zum Eisen-Nachweis in keiner Weise verändert wurde. Durch NaOCl wurde er restlos entfärbt. Genauso verhält sich Teil 2, der demnach als organischer Gemengteil anzusprechen ist (zur Numerierung der Teile s. Abb. 5). Die Teile 3 und 4 wurden durch Blutlaugensalz schmutzig gefärbt, durch NaOCl aber entfärbt. Es sind also organische Teile; die Veränderung durch Blutlaugensalz ist durch im Schliff darüberliegendes oder oberflächlich aufgenommenes Eisen bedingt. Die Teile 5 und 6 werden durch Blutlaugensalz eindeutig blau gefärbt und reagieren mit NaOCl nicht. Es sind Eisenkonkretionen. — Die Matrix ist nach der Hypochlorit-Behandlung fast völlig entfärbt; ihre ursprüngliche Farbe dürfte demnach vorwiegend durch Humus bedingt gewesen sein.

Abb. 4 zeigt innerhalb des noch recht gut erhaltenen Rindengewebes einer abgestorbenen Wurzel Eisen in verschiedenen Formen. Einerseits bildet es kleine Konkretionen (im Bild durch die Berliner-Blau-Reaktion fast schwarz), die ohne den chemischen Nachweis ebenso gut hätten für Phlobaphene (Gerbstoffrot) gehalten werden können, welche in Abschlußgeweben häufig sind. Andererseits ist Eisen von den farblosen Zellwänden adsorbiert, die dadurch jetzt blau erscheinen.

Das Beispiel ist ein frühes Stadium des nicht seltenen Vorganges, daß tote Pflanzengewebe zunehmend von Eisen infiltriert und inkrustiert werden, so daß endlich Eisenoxydhydrat-Konkretionen entstehen, die aber durch eingeschlossene, noch gut erkennbare Reste von Gewebestrukturen für rote Humusstoffe gehalten werden können. Im Zweifelsfalle kann der Nachweis, ob solche Strukturen Pflanzenreste sind, nach Auflösung des Eisens durch fluoreszenzmikroskopische Beobachtung geführt werden.

Lösungsreaktionen an Eisenoxydhydraten wurden am Schliff noch nicht versucht, es ist aber nach den Erfahrungen mit den anderen Reaktionen anzunehmen, daß z. B. bei Schliffuntersuchungen von Konkretionen Natriumdithionit-Zitrat-Lösung verwendet werden kann, welche sonst zur Eisenextraktion gebraucht wird und die die morphologisch sehr vielfältigen Eisenoxydhydratformen nach dem Grade ihrer Alterung zu differenzieren gestattet (BABEL [1958]).

Mit Natriumhypochlorit war eine Differenzierung verschiedener organischer Substanzen im Schliff möglich. Kleine, strukturell nicht erkennbare Holzkohlenstücke, die nicht selten in Bodendünnschliffen auftreten, können auf Grund ihrer sehr langsamen Entfärbung (Behandlung bis zu 48 Stunden und mehr) von den sonstigen immer wieder zu beobachtenden opaken organischen Gemengteilen — wie Bruchstücken von Plektenchymen und anderen mikrobiellen Bildungen — unterschieden werden, ebenso natürlich alle diese organischen Gemengteile von opaken, schwarzen Mineralen wie Magnetit. Auch bei anderen farblich einander ähnlichen organischen Teilen gibt es Unterschiede in der Entfärbbarkeit. Für diese Unterschiede gibt es zwar keine allgemeingültigen Regeln, aber die Bestimmung eines solchen zusätzlichen, chemischen Merkmales ist doch in den speziellen Fällen oft eine gute Hilfe, um die gegenseitigen Beziehungen verschiedener organischer Schliffgemengteile zu erkennen. Denn offensichtlich werden z. B. feinteilige formlose Stoffe, die in der Nähe eines größeren Geweberestes liegen, mit mehr Wahrscheinlichkeit aus jenem entstanden sein, wenn sie in der Entfärbbarkeit ungefähr mit jenem übereinstimmen. Schließlich ist Natriumhypochlorit zur Vorbehandlung für die morphologische Untersuchung und für Beobachtung von Doppelbrechung sowie — was bei der Untersuchung der Feinsubstanz noch ergiebiger ist — von Fluoreszenz oft außerordentlich vorteilhaft, da durch die Aufhellung oder Entfärbung diagnostisch wichtige Strukturen deutlicher werden oder überhaupt erst erscheinen, nachdem sie vorher durch die stark färbenden, amorphen organischen Substanzen zugedeckt gewesen sind.

Die Anwendbarkeit der beiden besprochenen wie zweifellos auch anderer chemischer Reaktionen — z. B. sicherlich auch der mineralogischen Farbreaktionen — auf Bodendünnschliffe bedeutet eine Bereicherung der mikromorphologischen Methoden der Bodenuntersuchung.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Ulrich Babel, Schloß Reinbek bei Hamburg

Literatur:

Altemüller, H. J.: Z. Pfl. Ern., Düng., Bodenkunde **72** (1956), 56-62.

Babel, U.: Diss. Göttingen (1958).

Babel, U.: Z. Pfl. Ern., Düng., Bodenkunde (im Druck).

Handley, W. R. C.: Mull and Mor Formation in Relation to Forest Soils. Forestry Comm. Bull. **23,** London (1954).